بررسی تاثیر زاویه ی لوله سقوط بذر در یکنواختی توزیع بذر در ردیف کارها

حسین جفتکار[۱]، داود کلانتری[۲]

۱ و ۲: دانشجوی کارشناسی ارشد و عضوهیئت علمی گروه مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

چکیده:

در این کار تحقیقاتی تاثیر زاویه ی لوله سقوط ردیف کارها برنحوه ی سقوط بذر در ردیف های کشت بصورت تحلیلی بررسی شده است. استقرار صحیح بذر درردیفها ی کشت که ناشی از نحوه ی سقوط بذر برروی خاک می باشد،موجب تسهیل در مراحل داشت وبرداشت محصولات ردیفی خواهد بود. این امر درکشاورزی مکانیزه برای کاهش هزینه های مراحل داشت و برداشت حائز اهمیت است. دراین مقاله دو نوع لوله سقوط عمودی و مورب از نظر نحوه سقوط بذر در ردیف های کشت با یکدیگر مقایسه شده اند. بااستفاده از قانون کار–انرژی ابتدا معادلات حاکم برمسیر حرکت بذر بدست آمده، سپس معادلات دیفرانسیل بدست آمده توسط تبدیل لاپلاس در دو جهت x و y حل شدند. نتیجه تحلیل موثرتر بودن لوله سقوط مایل بر نحوه ی قرارگیری صحیح بذر برروی ردیف کشت را نشان می دهد.

کلیدواژه: ردیف کار، لوله سقوط ، کشت ردیفی ، تبدیل لاپلاس.

مقدمه:

ردیف کارها معمولا برای کشت محصولاتی بکار می روند که این محصولات نیاز به فواصل معین بین خطوط کشت وفواصلی یکسان بین بوته ها برروی خطوط کشت دارند. فاصله ی بین ردیف ها و بوته ها به گونه ای است که عملیات داشت مانند وجین علف های هرز وسله شکنی به آسانی در بین ردیف های کشت انجام گرفته وعملیات برداشت محصول با بازدهی بهتراجرا گردد.

در یک ردیف کار، بذرها پس از خروج ازموزع درفاصله های زمانی یکسان و بطور پشت سرهم از طریق لوله سقوط به سطح خاک هدایت می شوند. لوله های سقوط درردیف کارها معمولا کوتاه بوده واز فلز یا پلاستیک یک تکه ساخته می شوند. سرعت زیاد سقوط بذر ناشی از فاصله زیاد انتهای لوله سقوط تا کف شیار نیز باعث افزایش بازی بذر و جابجایی آن در داخل شیار خواهد شد. کاشت دقیق بذر زمانی امکان پذیر خواهد بود که بازی و غلطش بذر در داخل شیار کشت به حداقل ممکن برسد. این امر زمانی اهمیت

بیشتری پیدا می کند که فاصله بذرهای روی ردیف کم بوده و یا این که سرعت پیشروی دستگاه بالا باشد. برای یکنواختی فاصله بذرهای روی ردیف تا کنون روشهای زیر پیشنهاد شده است:

۱. انتخاب لوله سقوط کم قطرو کوتاه با جدار داخلی صاف
۲. حذف لوله سقوط و نزدیک تر کردن موزع به کف شیارهمزمان با دوران معکوس موزع خلاف جهت گردش چرخهای زمین
۳. انتقال اجباری بذر از موزع به کف شیار، مانند بکارگیری نقاله
٤. ایجاد شیار باریک تر برای ممانعت از حرکت جانبی بذر در کف شیار
۵. بکارگیری لوله سقوط مایل (با تمایل به سمت عقب) برای خنثی کردن مولفه افقی سرعت پیشروی دستگاه.

با توجه به این که جست وخیز بذر پس از اصابت به کف شیار درعدم یکنواختی فاصله ی بذرها موثر بوده وباعث بالا رفتن هزینه های داشت و برداشت می شود، لذا در مقاله حاضر مزیت بکارگیری لوله سقوط مایل برای خنثی کردن مولفه افقی سرعت پیشروی دستگاه و انتخاب لوله سقوط کم قطر و کوتاه با جدار داخلی صاف بصورت تحلیلی بررسی خواهد شد.

تحلیل حرکت بذر در ردیف کارها:

بذرها پس از خروج ازموزع ردیف کار از طریق لوله سقوط به سطح خاک هدایت می شوند. اصطکاک یکی ازعواملی است که همیشه درانتقال وحرکت بذر وجود داشته و ممکن است برروی مسیر حرکت بذردر داخل لوله سقوط و پس از آن تاثیر بگذارد. درتحلیل حاضربرای ممانعت از پیچیدگی موضوع و تسهیل در حل معادلات حاکم، از اصطکاک بین بذروجدار لوله سقوط صرف نظر خواهد شد (فرض بکارگیری لوله سقوط با جدار صاف). سایر فرضیات حاکم بر تحلیل مسئله عبارتند از:

۱.کارنده باسرعت ثابت v_m حرکت می کند.

۲.بذر درهنگام خروج ازموزع با سرعت صفر نسبت به کارنده شروع به سقوط می کند. به عبارت دیگر خروج بذرازموزع به صورت سقوط آزاد فرض می شود.

۳.قطر لوله سقوط تا حد ممکن کوچک فرض می شود.

حال برای تحلیل مسئله، لوله سقوط را دردو حالت الف) مایل با زاویه α و ب) بصورت عمودی در نظر می گیریم (شکل ۱).

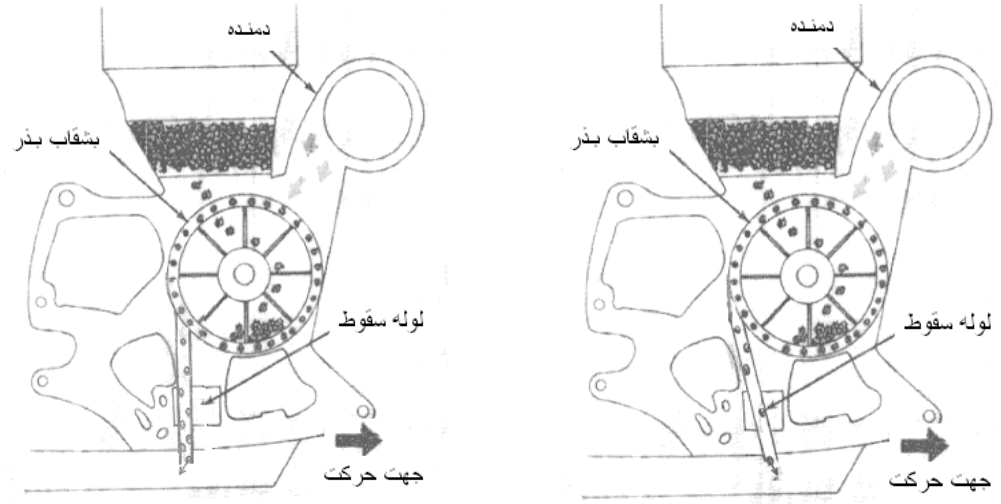
بذر پس از خروج از لوله سقوط در معرض مقاومت آیرودینامیکی هوا قرار مـی گیـرد. رابطـه مربـوط بـه شتاب ناشی ازمقاومت آیرودینامیکی حرکت بذر در هوا (a_p) به صورت زیر قابل بیان است.

$$a_p = -kv_p \qquad \rightarrow \quad a_p = -k(\dot{x}\,i + \dot{y}\,j) \tag{1}$$

در رابطه فوق v_p سرعت حرکت بذرمی باشد. مقدارضریب k توسط گورینگ وهمکاران (۱۹۷۲) و پیت وهمکاران (۱۹۸۲) با توجه به محدوده عدد رینولدز($Re>>1$) به صورت زیرداده شده است.

$$k=(26.38\,Re^{-0.845}+0.49)(0.5\cdot A_p\cdot\rho_A\cdot|v_p|/m) \tag{۲}$$

بطوریکه A_p بزرگترین سطح مقطع عرضی ذره (m) ، m جرم ذره(kg) ، ρ_A جرم حجمی هوا(kg/m³) ، Re عدد رینولدز(بدون بعد) و v_p سرعت حرکت ذره (m/s) می باشد. عدد رینولدز توسط رابطه $Re=\rho_A v_p d_p/\mu_A$ قابل محاسبه است (μ_A ویسکوزیته دینامیکی سیال). بطور مثال برای یک بذر ذرت با قطر متوسط ۸ میلیمتر که از ارتفاع ۰/۵ متری رها شود، عدد رینولدز بطور تقریبی برابر با ۲٤ خواهد بود.



ب) الف)

شکل ۱ : شماتیک لوله سقوط دردو حالت الف) مایل با زاویه α و ب) بصورت عمودی

با تفکیک شتاب حرکت بذربه دو مولفه افقی و عمودی ($\ddot{x}$, $\ddot{y}$) و اعمـال شـتاب گـرانش وارد بـر مرکز جرم بذر (g)، رابطه (۱) بصورت زیر بدست می آید.

$$\ddot{x} = -k\,\dot{x} \qquad \ddot{y} = g - k\,\dot{y} \tag{۳}$$

اکنون باصرف نظرازاصطکاک بین بذروجدارلوله سقوط ، با بکار بردن معادله ی کار–انرژی در نقطه ی ابتدایی (۱) وانتهایی لوله سقوط مایل با زاویهα (۲) داریم:

$$(m\,g\,h + \tfrac{1}{2} m\,v^{2})_1 = (m\,g\,h + \tfrac{1}{2} m\,v^{2})_2 \qquad (4)$$

با قرار دادن مبدا مختصات در انتهای لوله سقوط وفرض صفر بودن سرعت بذردرابتدای لوله سقوط (فرض سقوط آزاد بذر از موزع به داخل لوله سقوط) و حل معادله فوق خواهیم داشت

$$v_2 = \sqrt{2gh} \qquad (5)$$

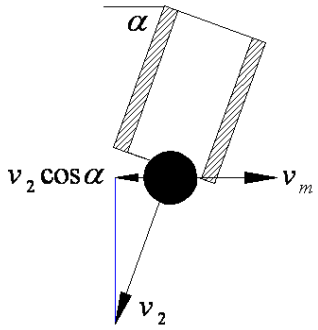
لذا با توجه به شکل ۲ مولفه های سرعت درانتهای لوله سقوط برابر خواهد بود با

$$\begin{aligned} \dot{x} &= v_2 \cos\alpha - v_m \quad \rightarrow \quad \dot{x} = \sqrt{2gh}\cdot\cos\alpha - v_m \\ \dot{y} &= v_2 \sin\alpha \quad \rightarrow \quad \dot{y} = \sqrt{2gh}\cdot\sin\alpha \end{aligned} \qquad (6)$$

با درنظرگرفتن رابطه بدست آمده (٦) ، مقدار $\dot{x}$ می تواند دارای دو حالت مختلف باشد:

الف) $v_2\cos\alpha = v_m$ در این صورت داریم: $\dot{x} = 0$

ب) $v_2\cos\alpha \neq v_m$ ،آنگاه داریم: $\dot{x} \neq 0$



شکل ۲: شماتیک لوله سقوط مایل و بردارهای سرعت وارد بر بذر خارج شده از لوله سقوط

اکنون برای محاسبه ی مولفه افقی تغییر مکان بذر x،دوحالت الف وب را بطور مجزا بررسی می کنیم:

۱– اگر $\dot{x} = 0$ (مبدا مختصات درنقطه انتهایی لوله سقوط) ،داریم:

$$\ddot{x} + k\,\dot{x} = 0 \qquad (۷)$$

ازحل معادله فوق به کمک تبدیل لاپلاس خواهیم داشت:

$$\xrightarrow{\ell} S^2X - Sx_0 - \dot{x}_0 + kSX - kx_0 = 0$$

$$\rightarrow \quad X=0 \qquad \xrightarrow{\ell^{-1}} x = 0$$

۲- اگر $\dot{x} \neq 0$ ،در این صورت خواهیم داشت:

$$\ddot{x} + k\,\dot{x} = 0$$

$$\xrightarrow{\ell} X = \frac{\dot{x}_0}{S^2 + kS} \qquad \rightarrow X = \frac{\dot{x}}{k}\left[\frac{1}{S} - \frac{1}{S+k}\right]$$

با بکارگیری معکوس تبدیل لاپلاس، مولفه افقی حرکت بذر خارج شده از لوله سقوط مایل به صورت زیر بدست می آید.

$$x = (\cos\alpha\sqrt{2gh} - v_m)(\frac{1-e^{-kt}}{k}) \qquad (8)$$

برای محاسبه مولفه عمودی تغییر مکان بذردر لوله سقوط مایل داریم:

$$\ddot{y} + k\,\dot{y} = g \qquad (۹)$$

با اعمال تبدیل لاپلاس به دو طرف معادله فوق خواهیم داشت:

$$\xrightarrow{\ell} S^2 \cdot Y - Sy_0 - \dot{y}_0 + kSY - ky_0 = g/S$$

$$\rightarrow \quad Y=\frac{\frac{g}{S} + \dot{y}_0}{S^2 + kS} \rightarrow Y=\frac{g}{S(S^2+kS)} + \frac{\dot{y}_0}{S^2+kS}$$

دوباره با بکارگیری معکوس تبدیل لاپلاس، مولفه عمودی حرکت بذر خارج شده از لوله سقوط مایل به صورت زیر بدست می آید.

$$y = \frac{g}{k}(\frac{-1}{k} + t + \frac{e^{-kt}}{k}) + (\sqrt{2gh}\cdot\sin\alpha)(\frac{1-e^{-kt}}{k}) \qquad (10)$$

ب) لوله سقوط عمودی:

با استفاده از معادله کار وانرژی وصرف نظر ازاصطکاک بین بذروجدار لوله، سرعت خروجی دارای دو مولفه خواهد بود که عبارتند از:

$$\dot{x} = v_m \quad \& \quad \dot{y} = \sqrt{2gh} \tag{۱۱}$$

باتوجه به معادلات حرکت بذر که دربخش قبل بررسی شد، معادله ی خروج بذر از لوله سقوط به صورت زیر نمایش داده می شود:

$$\ddot{x} = -k\dot{x} \quad \& \quad \ddot{y} = g - k\dot{y} \tag{۱۲}$$

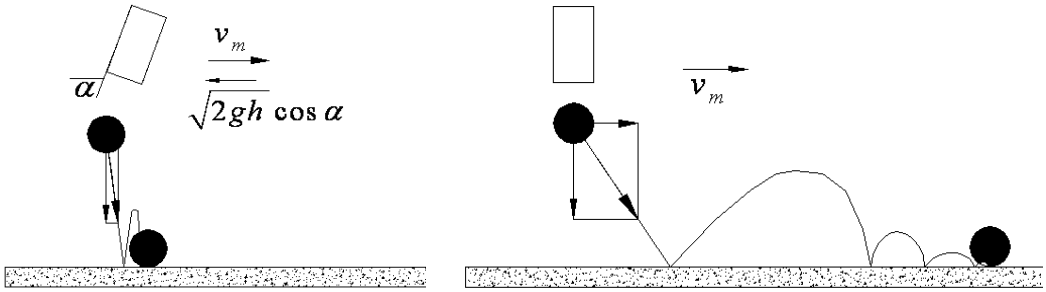
با حل معادلات بدست آمده از طریق تبدیل لاپلاس، داریم:

$$x = v_m \cdot \left(\frac{1-e^{-kt}}{k}\right) \tag{۱۳}$$
$$y = \frac{g}{k}\left(\frac{-1}{k} + t + \frac{e^{-kt}}{k}\right) + \sqrt{2gh}\left(\frac{1-e^{-kt}}{k}\right)$$

بحث و نتیجه گیری:

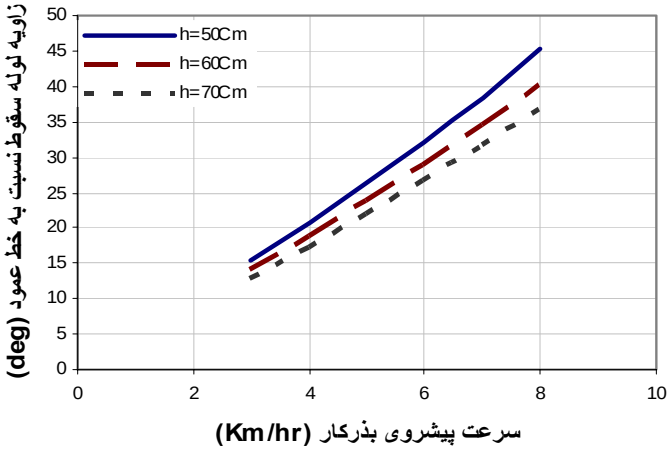
همانطورکه دربخش مقدمه بیان شد، در کشاورزی مکانیزه برای کاهش هزینه در مراحل داشت وبرداشت نیاز به قرارگیری صحیح بذردرسطح خاک می باشد . با توجه به معادلا ت بدست آمده در این مقاله برای لوله سقوط مایل و عمودی مشاهده می شود که درلوله سقوط نوع مایل می توان با تغییرزاویه α بسته به سرعت پیشروی بذرکار مولفه افقی سرعت x رادرلحظه برخورد به خاک صفر نمود، که باعث به حداقل رسیدن تغییرات فاصله ی بین بذرها در ردیف می شود . این مزیت بصورت شماتیک در شکل ۳ نشان داده شده ونتیجه کار با لوله سقوط عمودی مقایسه شده است. در شکل ٤ زاویه مورد نیاز لوله سقوط مایل جهت خنثی نمودن مولفه افقی سرعت بذرکارنشان داده شده است. در این شکل h فاصله بین صفحه موزع افقی و انتهای لوله سقوط و یا فاصله بین نقطه خروج بذراز موزع عمودی و انتهای لوله سقوط می باشد. بطور مثال در فاصله بین صفحه موزع افقی و انتهای لوله سقوط برابر با ٦٠ سانتیمتر و سرعت پیشروی ٦ کیلومتر بر ساعت باید زاویه لوله سقوط در ۳۰ درجه رو به عقب تنظیم شود تا موجب خنثی شدن سرعت پیشروی بذرکار و قرار گیری دقیق تر بذر در ته شیار شخم شود.

تحقیقات برانت و فابیان (١٩٦٤) نیزنشان داد که ۱۵ تا ۳۰ درجه تمایل لوله سقوط به سمت عقب باعث ممانعت از بازی بذر در کف شیار و یکنواختی بیشتر کشت می شود که این موضوع با نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر مطابقت دارد.



ب)　　الف)

شکل ۳ : شماتیک نشان دهنده جست و خیز بذر درلوله سقوط عمودی (الف) و قرار گیری دقیق تر بذر در اثرخنثی شدن سرعت پیشروی بذرکار توسط لوله سقوط مایل (ب)



شکل ٤ : زاویه مورد نیاز لوله سقوط مایل جهت خنثی نمودن مولفه افقی سرعت بذرکار (h فاصله بین صفحه موزع افقی و انتهای لوله سقوط)

منابع

۱. اصول طراحی ماشینهای کشاورزی ، ترجمه دکتر منصور بهروزی لار

۲. تراکتورها وماشینهای کشاورزی ، تالیف دکتر منصوری راد

۳. اصول ماشینهای بذرکار ، ترجمه اکبرصناعی

4. Brandt, R. G., and Fabian, Z., (1964). Developing a high speed precision planter. ASAE Paper, 67-655.
5. Kreyszig, E., (۲۰۰٦). Advanced Engineering Mathematics. John Willey and Sons Inc.
6. anjura, D. F., and Hudspeth, B., (1968). Metering and seed pattern characteristics of a horizontal edge drop plate planter. Trans. ASAE, Vol. 11, 468-473.